نشریهٔ مهندسی عمران فردوسی DOI: 10.22067/civil.v32i1.59963 سال سی و دوم، شمارهٔ یک، ۱۳۹۸

مدل‌سازی لوجیت چندجمله‌ای انتخاب شیوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه مطالعهٔ موردی: فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)★

علی‌رضایی‌جعفری [۱] علی ادریسی [۲]

چکیده در این پژوهش سعی‌شده نحوهٔ رفتار مسافران هوایی در انتخاب بین ٦ شیوهٔ حمل‌ونقل مترو، اتوبوس، همسفری (coorpoling)، تاکسی، خودروی شخصی (پارک‌کردن) و خودروی شخصی (پیاده‌شدن) درجهت دسترسی زمینی به فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی تهران مورد بررسی قرار گیرد. جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش در ۳ روز از تابستان ۱۳۹۳ انجام شده و به‌منظور مدل‌سازی از مدل لوجیت چندجمله‌ای (multinomial logit model) استفاده شده‌است. پیمایش مذکور در قالب رجحان بیان‌شده (stated preference) به‌شکل مصاحبهٔ حضوری در فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی تهران انجام گرفته‌است. تعداد پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری‌شده ۲۵۷ عدد بوده و مقدار اعتبارسنجی (validation) داده‌ها ٣٤٪ می‌باشد. از مهم‌ترین نتایج این پژوهش می‌توان به این موضوع اشاره کرد که درصد بسیاری از مسافران فرودگاه امام‌خمینی از درآمد (حدود ۹۰٪ مسافران درآمد بالای ۱٫۵ میلیون تومان در ماه دارند) و مالکیت خودروی (حدود ۹۲٪ مسافران حداقل ۱ خودرو در خانواده‌شان دارند) بالایی برخوردارند و با در نظرگیری نتیجهٔ به‌دست‌آمده برای این مسافران که تمایلی به استفاده از مترو ندارند، افزایش زمان سفر و هزینه‌های حمل‌ونقل شخصی (مثل افزایش هزینهٔ پارکینگ) و در مقابل سرویس‌دهی بسیار بالاتر مترو (مثل فراهم کردن توشهٔ بار، اعتمادپذیری و کاهش زمان سفر) مسافران فرودگاه امام‌خمینی را متمایل به استفاده از مترو می‌کند.

واژه‌های کلیدی دسترسی زمینی به فرودگاه، فرودگاه امام‌خمینی، مترو، لوجیت چندجمله‌ای، رجحان بیان‌شده.

An investigation in to the choice of Ground Access to Airport using Multinomial Logit Modelling

A. Rezaei Jafari A. Edrisi

Abstract *This study aimed at investigating air travellers' behaviour with regard to choices for ground access to Imam Khomeini International Airport. The choices included subway, bus, carpooling, taxi, private car (parking) and private car (car drop-off). Data collection for this study was done during three days in summer, 2014, and Multinomial logit modelling was employed for this purpose. The survey was administered as a face to face interview in Imam Khomeini International Airport, which is located in Tehran, Iran. A total number of 257 questionnaires were collected, with the degree of validation being 34%. The most important results of this research indicate that the majority of imam Khomeini passengers have a high income(%90of them have 1.5 million tomans per month or higher) and car ownership(%92 of them have at least one car in their household). Considering that these passengers don't have intention for using metro, with increasing the travel time, public transportation costs (e.g. parking cost) and improving metro service qulity (e.g. increasing the reliability and decreasing the travel time) , it may be possible to absorb them to use metro.*

Key Words Ground access to Airport, Imam Khomeini Airport, Subway, Multinomial Logit, Stated Preference.

★ تاریخ دریافت مقاله ۹۵/۸/۹ و تاریخ پذیرش آن ۹۷/۱۲/۱۹ می‌باشد.

(۱) نویسندهٔ مسئول، دانش آموختهٔ کارشناس ارشد، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

Email: arezaeijafari@gmail.com

(۲) استادیار، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

مقدمه

در سال‌های گذشته مطالعات بسیاری درزمینهٔ انتخاب شیوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه انجام شده‌است و در اکثر این مطالعات از مدل‌های لوجیت (دوجمله‌ای، چندجمله‌ای، مختلط و...) استفاده کرده‌اند. از پیشگامان پژوهش در این موضوع می‌توان به اورت و سوبینیک اشاره کرد [1]. در اکثر مطالعات انجام‌شده دو پارامتر زمان سفر و هزینهٔ سفر از مهم‌ترین فاکتورهای انتخاب شیوهٔ سفر توسط مسافران هوایی می‌باشد؛ به‌عنوان مثال هاروی و همکارانش [2] در مقاله‌ای با عنوان «مطالعهٔ انتخاب شیوهٔ دسترسی به فرودگاه: مطالعهٔ موردی منطقهٔ سانفرانسیسکو» به بررسی رفتار مسافران پرداختند و بیان داشتند که برای مسافرانی با هدف سفر غیرکاری، هزینهٔ دسترسی با اهمیت است درحالی‌که برای مسافرانی با هدف سفر کاری به‌خصوص با افزایش طول پرواز، زمان دسترسی به فرودگاه از اهمیت خاصی برخوردار است. هم‌چنین چو و همکاران و گوپتا و همکاران[3-8] ویژگی‌های اجتماعی مسافران (تعداد همراه، مقدار بار، درآمد، جنسیت، سن، تحصیلات و...) و آقای جو و همکاران زمان صرف‌شده در داخل و خارج وسیلهٔ نقلیه را شناسایی کردند. هم‌چنین به مشخصات اجتماعی–اقتصادی مسافران اشاره کردند که از مهم‌ترین آنها می‌توان تعداد همراهان سفر، میزان بار، درآمد، جنسیت، سن، تحصیلات، مالکیت خودرو و... را نام برد. بود و همکاران [9] نیز از رویکرد روانشناسی اجتماعی برای کاهش سفرهای شخصی به فرودگاه منچستر در انگلستان استفاده کردند. علاوه‌بر این، یازیسی و همکاران [10] تصمیم رانندگان تاکسی برای دسترسی زمین به فرودگاه جان اف کندی را مدل کردند. آقای چو و همکاران [11] از مشخصات سفر و ویژگی‌های مدل نحوهٔ انتخاب فرودگاه‌های داگو و جیمپو در کره استفاده کردند. هدف سفر، زمان سفر، مسافت سفر، جنسیت، سن، درآمد و شغل مهم‌ترین متغیرهایی هستند که در نحوهٔ انتخاب سفر تأثیرگذار بوده‌اند. علاوه‌بر این یافته‌ها نشان می‌دهند که ویژگی‌های جمعیتی بیشترین معنی‌داری اثر نحوهٔ دسترسی سفر غیرکاری را نسبت به سفر کاری دارند. گوکاسار و گونی [12] نحوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه بین‌المللی آتاتورک را بااستفاده از مدل لوجیت چندجمله‌ای تحلیل کردند. نتایج نشان دادند که مسافت سفر، هزینهٔ سفر، نوع مقصد، تفاوت زمانی بین زمان پرواز و زمان خروج، وضعیت اشتغال، وضعیت مالکیت خودرو و محل مبدأ سفر متغیرهایی معنی‌دار و مهم هستند. سفر مبدأ به فرودگاه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای نحوهٔ انتخاب دسترسی می‌باشد.

یکی از روش‌های جمع‌آوری اطلاعات به‌کار گرفته‌شده در این زمینه روش رجحان بیان‌شده می‌باشد که از مطالعات انجام‌شده با این روش می‌توان به مطالعات آقایان استیر و گلیود ، ممسنی و چبلی، سورابی، تامبولاس [13-16] اشاره کرد که در این روش با معرفی یک شیوهٔ سفر جدید مسافران به انتخاب شیوهٔ سفر مورد نظر خود می‌پردازند. هم‌چنین در اکثر مطالعاتی که انجام شده‌است بیشترین انتخاب مربوط به تاکسی و خودروی شخصی می‌باشد، از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعهٔ پاراساکی و همکارش، سعدالحسین گولاش آکار اشاره کرد، که انتخاب تاکسی و خودروی شخصی به‌علت راحتی، درآمد بالا، سرانهٔ مالکیت‌خودرو و در بعضی موارد نبود سیستم حمل‌ونقل عمومی کارآمد می‌باشد، در مقابل آن طبق مطالعات میلینگ تام در کشور هنگ‌کنگ مشاهده‌شد که به‌علت دوری فرودگاه از مرکز شهر، در نتیجه بالا رفتن هزینهٔ تاکسی و خودروی شخصی و در مقابل راحتی و پایین بودن هزینهٔ حمل‌ونقل عمومی، سهم جابه‌جایی مسافران برای حمل‌ونقل عمومی (اتوبوس، AE[5]) حدود ۷۱ درصد می‌باشد [17-20]. امروزه سیاست بسیاری از کشورها درجهت افزایش سهم حمل‌ونقل عمومی و در مقابل کاهش سهم حمل‌ونقل شخصی می‌باشد، پس در این راستا علاوه‌بر مطالعات ذکرشده در

مواردی به مطالعهٔ موردی رفتار سالمندان[۱] به‌علت مشکلات خاصی که دارند، نیز پرداخته شده‌است [21,22].

در کشور ما هم مطالعاتی درزمینهٔ انتخاب شیوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه انجام شده‌است. از مهم‌ترین و جدیدترین این مطالعات که از روش رجحان بیان‌شده و مدل‌های لوجیت استفاده کرده‌است، می‌توان به [23] با عنوان «تحلیل و مدل‌سازی انتخاب وسیلهٔ نقلیه در دسترسی زمینی به فرودگاه: مطالعهٔ موردی فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی و فرودگاه مهرآباد» اشاره کرد که با پرداخت انواع مدل‌های لوجیت از جمله دوجمله‌ای، چندجمله‌ای و آشیانه‌ای برای هر دو فرودگاه نشان - داده‌است که مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در مدل‌های ساخته‌شده زمان سفر، هزینهٔ سفر، درآمد، مالکیت - خودرو، هدف سفر، سن و جنسیت می‌باشند. هم‌چنین نشان داده‌است که با افزایش هزینه و زمان یک وسیلهٔ نقلیه، تمایل به استفاده از آن کاهش می‌یابد.

در این پژوهش ابتدا با شناسایی مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در انتخاب مسافران هوایی و طراحی پرسشنامه‌ای که علاوه‌بر پارامترهایی که آقای طاهرپور در نظر گرفته بودند، پارامترهای میزان بار مسافران، اینرسی (بیان‌کنندهٔ حالتی است که مسافرانی که هم‌اکنون با یک شیوهٔ حمل‌ونقلی به فرودگاه آمده‌اند، تا چه میزان تمایل دارند در آینده نیز همان شیوهٔ حمل‌ونقلی را استفاده کنند) و...، از مسافران در رابطه با شیوهٔ انتخاب دسترسی‌زمینی به فرودگاه امام‌خمینی، باتوجه به هدف سفرشان (کاری یا غیرکاری) سؤالاتی پرسیده شده و پس از جمع‌آوری اطلاعات بااستفاده از روش لوجیت مدل‌سازی چند جمله‌ای انجام شده‌است.

باتوجه به موارد ذکرشده، سعی شده‌است تا نحوهٔ رفتار مسافران هوایی باتوجه به هدف سفرشان (کاری یا غیرکاری) در انتخاب بین ٦ شیوهٔ حمل‌ونقل مترو، اتوبوس، همسفری، تاکسی، خودروی شخصی- پارک کردن (منظور پارک کردن خودرو در پارکینگ فرودگاه تا زمان بازگشت از سفر است) و خودروی شخصی-پیاده-شدن (منظور رساندن مسافران تا فرودگاه توسط بستگان یا آشنایانشان بدون قصد پارک کردن در پارکینگ فرودگاه است) به‌منظور دسترسی‌زمینی به فرودگاه بین‌المللی امام-خمینی تهران بررسی گردد. هدف از این پژوهش شناسایی فاکتورهای تأثیرگذار و مهم در نحوهٔ انتخاب مسافران هوایی استفاده‌کننده از فرودگاه امام‌خمینی درجهت کمک به برنامه‌ریزی و خدمت‌رسانی مطلوب‌تر سیستم‌های حمل‌ونقلی می‌باشد.

روش تحقیق

مدل‌های انتخاب لوجیت

در این مدل‌ها تصمیم‌گیرندهٔ n در برابر j گزینه قرار می-گیرد، حال مطلوبیت حاصل‌شده برای فرد تصمیم‌گیرنده که از گزینهٔ j حاصل می‌شود دارای ۲ قسمت است:

۱. قسمتی که به‌صورت V_{nj} نشان داده می‌شود و توسط محقق به‌صورت پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار تصمیم‌گیرنده قابل مشاهده است.
۲. قسمت مجهول و یا غیرقابل مشاهده که آن را به‌صورت ε_{nj} نشان می‌دهند و محقق آن را به‌صورت تصادفی در نظر می‌گیرد.

در صورتی‌که انتخاب از میان چندین گزینه صورت بپذیرد، بااستفاده از این مدل می‌توان احتمال انتخاب هر یک از گزینه‌ها را به‌دست آورد. هم‌چنین نحوهٔ معرفی تابع مطلوبیت نیز آورده شده‌است.

$$P_A = \frac{\exp(U_A)}{\sum_j \exp\ (U_j)} \qquad (۱)$$

که در آن:

P_A= احتمال انتخاب گزینهٔ A،

U_A= تابع مطلوبیت انتخاب گزینهٔ A،
U_j= تابع مطلوبیت انتخاب گزینهٔ j.

قابل‌توجه است که نسبت احتمال انتخاب دو گزینه فقط به تابع مطلوبیت این دو گزینه وابسته است و از مطلوبیت سایر گزینه‌ها مستقل می‌باشد. لازم به ذکر است که ساختار کلی لوجیت در حالت دوگزینه‌ای را لوجیت دوجمله‌ای و در حالت چند گزینه‌ای را لوجیت چندجمله‌ای می‌نامند. در این پژوهش از لوجیت چندجمله‌ای استفاده شده‌است [24].

شکل (۱) نشان‌دهندهٔ مراحل انجام این پژوهش می‌باشد؛ به این صورت که ابتدا براساس مطالعات گذشته متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب مسافران هوایی به فرودگاه شناسایی گردید و بااستفاده از نرم‌افزار XLSTAT پرسشنامه طراحی شد. سپس بااستفاده از روش ترتیبی به‌صورت n در میان از مسافران فرودگاه پرسشگری انجام شد و بعد از پایان پرسشگری، اطلاعات جمع‌آوری‌شده در رایانه وارد و پایگاه داده‌ها باتوجه به مدل‌های مد نظر مدل‌ساز ساخته شد. سپس هم‌بستگی بین متغیرها کنترل گردید و بیش از ٦٠ متغیر توسط نرم‌افزار N logit وارد مدل‌سازی شد. درنهایت مدل برتر معرفی و اعتبارسنجی داده‌ها گزارش شد.



شکل ۱ مراحل انجام پژوهش

جمع‌آوری اطلاعات

جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش بااستفاده از ۲۸ نوع پرسشنامه در فرودگاه امام‌خمینی انجام شده‌است که شامل ۱۸ سؤال در رابطه با مشخصات فردی مسافران، مشخصات سفر مسافر و انتخاب وسیله به‌منظور دسترسی به فرودگاه‌های مدنظر براساس ویژگی‌های پرسش مربوط می‌باشد.

همانند پژوهش‌های مشابه در کشورهای دیگر، در این پژوهش نیز از مسافران خروجی فرودگاه امام‌خمینی پرسشگری صورت گرفته‌است.

برای طراحی پرسشنامه‌ها از نرم‌افزارXLSTAT استفاده شده‌است. توسط این نرم‌افزار ۷ طراحی انجام شد و برای هر متغیر زمان سفر، هزینهٔ سفر و تسهیلات سه مقدار متفاوت در نظر گرفته‌شد که توسط نرم‌افزار XLSTAT حالت‌های بهینه طراحی شدند، سپس پرسشنامه‌ها تدوین گردیدند. طبق پیش‌بینی انجام‌شده مبنی بر عدم شناخت مسافران از سیستم هم‌سفری که به‌صورت رجحان بیان‌شده از مسافران سؤال پرسیده‌شده بود، شکل گرافیکی از ۸ مرحله (از ثبت‌نام همسفری تا سوارشدن) برای استفاده از همسفری در انتهای هر پرسشنامه ترسیم شد. پس از آماده‌سازی پرسشنامه‌ها طبق برنامهٔ زمان‌بندی منظم حدود ۲۷۰ پرسشنامه به‌مدت ۳ روز در تابستان ۱۳۹۳ به‌روش ترتیبی و کاملاً تصادفی به‌صورت مصاحبهٔ حضوری و بااستفاده از داده‌های رجحان بیان‌شده، مسافران خروجی فرودگاه امام‌خمینی پرسشگری شدند.

بعداز پرسشگری و حذف تعدادی از پرسشنامه‌هایی که ناقص تکمیل‌شده بودند، ۲۵۷ پرسشنامه مورد تحلیل قرار گرفت و از این تعداد حدود ۱۰٪ پرسشنامه‌ها (۲۵ پرسشنامه) قبل از ساخت مدل جداسازی و در پایان برای اعتبارسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفتند.

بررسی تحلیلی داده‌ها

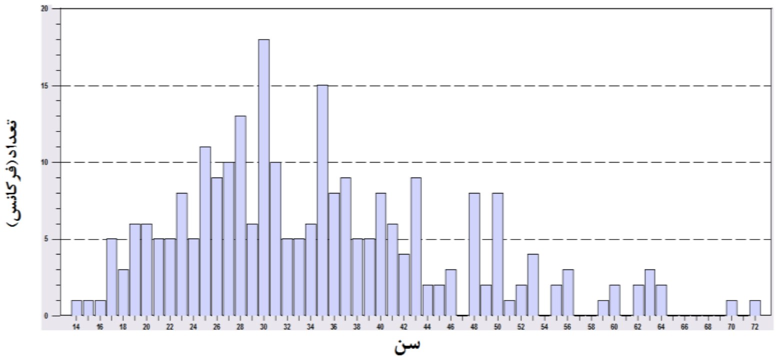
داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار Spss مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. سعی‌شد متغیرهای ا ستفاده شده در مدل سازی مورد تحلیل قرار گیرند. در ادا مه نتایج تحلیل متغیر هایی که در مدل نهایی مورد استفاده قرار گرفته بودند، گزارش شدند.

به‌منظور هرچه بیشتر روشن شدن نحوهٔ توزیع فراوانی سن پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی، نمودار این توزیع نیز در شکل (۲) آورده شده‌است. مشاهده می-شود که بیشترین فراوانی مربوط به ۳۰ سال می‌باشد.

در جدول (۱) توزیع فراوانی جنسیت پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی نمایش داده شده‌است.

جدول (۲) نشان‌دهندهٔ توزیع فراوانی وضعیت تأهل پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی است.

جدول (۳) نشان‌دهندهٔ توزیع فراوانی تعداد اعضای بالای ۱۸ سال خانوادهٔ پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی است.



شکل ۲ فراوانی سن پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی

جدول ۱ توزیع فراوانی جنسیت پاسخ‌گویان در فرودگاه امام خمینی

جنسیت	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
مرد	۱۳۰	۵۰/٦	۵۰/٦
زن	۱۲۷	٤۹/٤	۱۰۰
جمع	۲۵۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲۵۷	۱۰۰	

جدول ۲ توزیع فراوانی وضعیت تأهل پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی

وضعیت تأهل	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
مجرد	۹٤	۳٦/٦	۳٦/٦
متأهل	۱٦۳	٦۳/٤	۱۰۰
جمع	۲۵۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲۵۷	۱۰۰	

جدول ۳ توزیع فراوانی تعداد اعضای بالای ۱۸ سال خانوادهٔ پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی

تعداد اعضای بالای ۱۸سال	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
۱	۵	۱/۹	۱/۹
۲	۱٤٤	۵٦/۱	۵۸
۳	٤۷	۱۸/۳	۷٦/۳
٤	۳۱	۱۲/۱	۸۸/٤
۵	۱۹	۷/٤	۹۵/۸
٦	۵	۱/۹	۹۷/۷
۷	۵	۱/۹	۹۹/٦
۸	۱	۰/٤	۱۰۰
جمع	۲۵۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲۵۷	۱۰۰	

جدول (٤) نشان‌دهندهٔ توزیع فراوانی مالکیت خودروی خانوادهٔ پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی است.

جدول (۵) نشان‌دهندهٔ توزیع فراوانی درآمد خانوار پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی است.

جدول (٦) توزیع فراوانی تجربهٔ استفاده از فرودگاه امام‌خمینی در گذشته را نشان می‌دهد.

شکل (۳) توزیع درصدی میزان بار همراه مسافران در فرودگاه امام‌خمینی را نشان می‌دهد.

جدول (۷) مبدأ سفر پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی را براساس مناطق شهرداری تهران و شهرها نشان می‌دهد.

جدول ٤ توزیع فراوانی مالکیت خودروی خانوادهٔ پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی

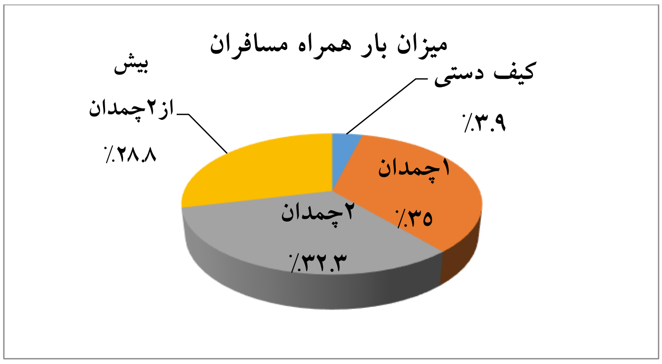
تعداد خودرو خانوار	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
۰	۲۲	۸/٦	۸/٦
۱ دستگاه	۱۱۵	٤٤/۷	٥۳/۳
۲ دستگاه	۸۷	۳۳/۹	۸۷/۲
بیش از ۲ دستگاه	۳۳	۱۲/۸	۱۰۰
جمع	۲٥۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲٥۷	۱۰۰	

جدول ٥ توزیع فراوانی مالکیت خودروی خانوادهٔ پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی

درآمد (تومان)	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
زیر ۱٥۰۰۰۰۰ تومان	۲۷	۱۰/٥	۱۰/٥
۱٥۰۰۰۰۰–٤۰۰۰۰۰۰ تومان	۱۱۷	٤٥/٥	٥٦
بالای ٤۰۰۰۰۰۰ تومان	۱۱۳	٤٤	۱۰۰
جمع	۲٥۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲٥۷	۱۰۰	

جدول ٦ توزیع فراوانی تجربهٔ استفاده از فرودگاه امام خمینی در گذشته

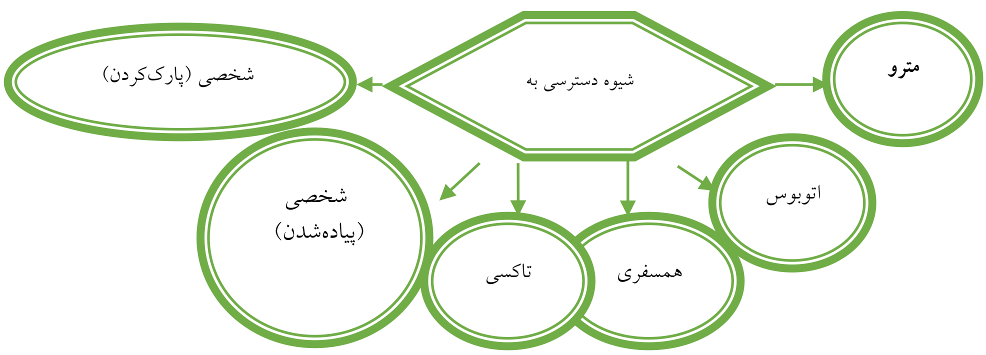
جنسیت	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
باتجربه	۲۱۳	۸۲/۹	۸۲/۹
بدون تجربه	٤٤	۱۷/۱	۱۰۰
جمع	۲٥۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲٥۷	۱۰۰	



شکل ۳ توزیع درصدی میزان بار همراه مسافران در فرودگاه امام‌خمینی

جدول ۷ توزیع فراوانی مبدأ سفر پاسخ‌گویان در فرودگاه امام‌خمینی، براساس شهر یا مناطق شهرداری

منطقهٔ شهرداری یا شهر	فراوانی مطلق	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
تهران (بدون ذکر منطقه)	۲۳	۸/۹	۸/۹
منطقهٔ ۱	۲۹	۱۱/۳	۲۰/۲
منطقهٔ ۲	۱۹	۷/۴	۲۷/۶
منطقهٔ ۳	۲۰	۷/۸	۳۵/۴
منطقهٔ ۴	۸	۳/۱	۳۸/۵
منطقهٔ ۵	۱۳	۵/۱	۴۳/۶
منطقهٔ ۶	۶	۲/۳	۴۵/۹
منطقهٔ ۷	۲	.۰/۸	۴۶/۷
منطقهٔ ۱۱	۱	۰/۴	۴۷/۱
منطقهٔ ۱۲	۲	۰/۸	۴۷/۹
منطقهٔ ۱۳	۱	۰/۴	۴۸/۲
منطقهٔ ۱۴	۱	۰/۴	۴۸/۶
منطقهٔ ۱۶	۱	۰/۴	۴۹
منطقهٔ ۲۱	۱	۰/۴	۴۹/۴
شهرستان‌های استان تهران	۹	۳/۵	۵۲/۹
سایرشهرها	۱۱۰	۴۲/۸	۹۵/۷
ایرانیان مقیم خارج از کشور	۱۱	۴/۳	۱۰۰
جمع	۲۵۷	۱۰۰	
از قلم‌افتاده	۰	۰	
جمع کل	۲۵۷	۱۰۰	



شکل ۴ ساختار مدل لوجیت چندجمله‌ای به‌کار گرفته‌شده در این پژوهش

مدل‌سازی

در این قسمت ابتدا به معرفی ساختار مدل لوجیت چندجمله‌ای به‌کار گرفته‌شده پرداخته شده و در ادامه کنترل هم‌بستگی بین متغیرهای استفاده‌شده و اعتبارسنجی داده‌ها و در پایان تفسیر نتایج مدل گزارش شده‌است.

ساختار مدل ارائه‌شده

برای مدل‌ســـازی لوجیت چندجمله‌ای انتخاب شـــیوهٔ دســترســی‌زمینی به فرودگاه امام‌خمینی، از ســاختار بالا استفاده شده‌است.

شکل (٤) ساختار لوجیت به‌کار گرفته‌شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که مسافران هوایی به ٦ شیوهٔ مختلف می‌توانند به فرودگاه امام‌خمینی سفر کنند. در شرایط موجود مسافران هوایی می‌توانند از تاکسی، شخصی (پارک‌کردن) و شخصی (پیاده‌شدن) استفاده کنند (داده‌های رجحان آشکارشده). اما در این پژوهش در قالب رجحان بیان‌شده ۳ شیوهٔ دیگر مترو، اتوبوس و هم‌سفری نیز در نظر گرفته شده‌است.

کنترل هم‌بستگی متغیرها

پس از بررسی هم‌بستگی بین متغیرها توسط نرم‌افزار Spss و حذف متغیرهایی که دارای هم‌بستگی بالایی بودند، متغیرهایی در مدل‌سازی استفاده شدند که دارای هم‌بستگی قابل قبولی‌باشند. در مدل پرداخت‌شده بیشترین هم‌بستگی مربوط به متغیرهای وضعیت تأهل با گروه سنی ۲۵-١٤ سال به مقدار ۰/۵۱۲- می‌باشد.

متغیرهای استفاده‌شده در مدل‌سازی و نتایج

مدل ارائه‌شده، مدل با ساختار شکل (٤) و به‌صورت ٦ گانه می‌باشد. متغیرهای استفاده‌شده در مدل در جدول (۸) آمده‌است.

جدول ۸ متغیرهای استفاده‌شده در مدل لوجیت چندجمله‌ای دسترسی زمینی به فرودگاه امام‌خمینی

نام متغیر در مدل	توصیف و نحوهٔ کدگذاری	نوع متغیر
A	عدد ثابت	ویژهٔ فرد (Dummy)
DD-TRIP	تعداد سفر هوایی داخلی طی ۵ سال گذشته (کمتر از ۲۰ پرواز: ۰، ۲۰ پرواز و بیش تر:۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
O–KTRIP	تعداد سفر هوایی بین‌المللی طی ۵ سال گذشته	ویژهٔ فرد (Ordinal)
D-ACCES	اینرسی (شخصی شامل پیاده‌شدن و پارک‌کردن: ۰، عمومی شامل اتوبوس، ون و تاکسی: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-AGE1	گروه سنی ۲۵-١٤ سال (برابر: ۱ و در غیر این‌صورت: ۰)	ویژهٔ فرد (Dummy)
GENDER	جنسیت (مرد: ۰، زن: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-MARRY	وضعیت تأهل (مجرد: ۰، متأهل: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
O-UP	تعداد اعضای خانواده بالای ۱۸ سال	ویژهٔ فرد (Ordinal)
DD-VEH	تعداد خودروی خانوار (کمتر از ۲ خودرو: ۰، بیشتر از ۲ خودرو: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-DEG2	تحصیلات فوق دیپلم، لیسانس و حوزوی (برابر: ۱ و در غیر این‌صورت: ۰)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-SA1	درآمد کمتر از ۱/۵ میلیون تومان (برابر: ۱ و در غیر این‌صورت: ۰)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-SA3	درآمد بالای ٤ میلیون تومان (برابر: ۱ و در غیر این‌صورت: ۰)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-exp	تجربهٔ استفاده از فرودگاه (باتجربه: ۰، بدون تجربه: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
DD-CA	میزان بار همراه مسافر (کیف‌دستی و ۱ چمدان: ۰ ، ۲ چمدان و بیشتر: ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
D-CITY	مبدأ سفر (بومی‌ها (تهرانی‌ها): ۰، غیربومی‌ها (غیرتهرانی‌ها): ۱)	ویژهٔ فرد (Dummy)
R-TIME	زمان سفر (دقیقه)	ویژهٔ وسیله (Ratio)

پس از پرداخت و تحلیل بیش از ۱٤۰ مدل تو سط نرم‌افزار N logit، بیش از ۷۰ متغیر مختلف ضـمن بررسـی رابطهٔ علت و معلولی بین متغیر ها و کنترل هم‌بسـتگی و معنی‌داری متغیرها در مدل های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. این ۷۰ متغیر شامل متغیرهای اصـلی بودند و یک‌سـری متغیرها که عملیات ریاضـی برروی آن انجام گرفته‌است (از جمله توان ۲ زمان سفر، توان ۲ هزینهٔ سـفر، توان ۲ درآمد، لگاریتم زمان سـفر، لگاریتم هزینهٔ سـفر، لگاریتم درآمد، درآمد تقسـیم بر هزینهٔ سـفر، لگاریتم درآمد تقسـیم بر هزینهٔ سـفر و...). سـپس با حذف متغیرهایی که دارای کمترین معنی‌داری بودند و اضافه کردن متغیرهای دیگر، درنهایت ۱۵ متغیر با معنی‌داری بالای ۹۰ درصد در مدل نهایی به‌کار گرفته شدند. خروجی مدل نهایی در جدول (۹) ارائه شده‌است:

جدول ۹ خروجی مدل لوجیت چندجمله‌ای انتخاب شیوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه امام‌خمینی

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	معنی‌داری	احتمال P[|Z|>z]
ONE1	۱/۵۱۹***	۰/۲۷۸	٥/٤٦۲	۰
ONE2	-۲/۱٤۱***	۰/٦۰٥	-۳/٥٤	۰/۰۰۰٤
ONE3	۱۳٤/۰	۰/٤٥٤	۰/۲۹٤	۰/۷٦۸٥
ONE4	۰/۲۲٤	۰/٤۲۳	۰/٥۳۱	۰/٥۹٥٦
ONE5	۲/٤۲۷***	۰/۸۲۱	۲/۹٥۷	۰/۰۰۳۱
DD-TRIP3	۱/٦۱۳***	۰/٥۱۹	۳/۱۰۸	۰/۰۰۱۹
DD-TRIP4	۰/۸۷۱**	۰/۳٤۷	۲/٥۱۲	۰/۰۱۲
O–KTRIP3	-۰/۱۷۱**	۰/۰٦۸	-۲/٥۳۱	۰/۰۱۱٤
D-ACCES1	۱/۰٦۲***	۰/۲۹٦	۳/٥۹٤	۰/۰۰۰۳
D-ACCES2	۱/٥۱۸*	۰/۷۹٤	۱/۹۱۱	۰/۰٥٦
D-ACCES3	۱/٦۱٥***	۰/٤۲۸	۳/۷۷۳	۰/۰۰۰۲
D-ACCES4	۲/۹٦۱***	۰/۳۰۸	۹/٦۰٤	۰
D-AGE11	-۱/۱۲٦***	۰/۳۷	-۳/۰۳۹	۰/۰۰۲٤
D-AGE14	-۰/٥۳٦*	۰/۳۱۱	-۱/۷۲۳	۰/۰۸٥
GENDER1	-۰/٤٦۸**	۰/۲۳٦	-۱/۹۸٥	۰/٤۷۲
D-MARRY5	-۰/٥٤*	۰/۲۷۸	-۱/۹٤٥	۰/۰٥۱۸
O-UP4	-۰/۱۸۹*	۰/۰۹۸	-۱/۹۲٥	۰/۰٥٤۲
DD-VEH1	-۰/۷٤*	۰/٤۲۷	-۱/۷۳۲	۰/۰۸۳٤
D-DEG25	۰/۸٦۱***	۰/۲٦	۳/۳۱۲	۰/۰۰۰۹
D-SA11	۰/۷۷۸*	۰/٤٥۲	۱/۷۲۲	۰/۰۸٥۱
D-SA15	۰/۹٦٤**	۰/٤۸٦	۱/۹۸۳	۰/۰٤۷٤
D-SA31	-۰/٥۱۷**	۰/۲٤۸	-۲/۰۸۳	۰/۰۳۷۳
D-exp3	۰/۸٤٤*	۰/٤۹۳	۱/۷۱۱	۰/۰۸۷۲
D-exp4	۰/۸۳٥**	۰/۳٤٥	۲/٤۲۲	۰/۰۱٥٥
DD-CA4	۰/۷۳٦***	۰/۲۳۸	۳/۰۸۸	۰/۰۰۲
D-CITY3	-۱/۰۲۹**	۰/٤۱۹	-۲/٥٤٦	۰/۰۱٤
D-CITY4	-۰/٤۳٥*	۰/۲٤٤	-۱/۷۸۳	۰/۰۷٤٥
R-TIME5	-۰/۰۲۰۸**	۰/۰۱	-۲/۰۳٦	۰/۰٤۱۸

$$\rho_c^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(C)} = ۰/۱۵۲۲$$

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} = ۰/۱۶۲۵$$

مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب صفر:
LL (0)= -۶۸۷/۱۶۸

مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای پارامترهای ثابت:
LL(c)= -۶۷۸/۸۴۸

مقدار لگاریتم تابع احتمال به‌ازای ضرایب برآوردشده:
LL(β)= -۵۷۵/۵۲۸

اثر نهایی و هم‌چنین کشش (الاستیسیته) متغیرهای مدل‌سازی‌شده نیز در جدول (۱۰) آورده شده‌است. باتوجه به این موضوع که برای متغیرهای مجازی تفسیر کشش بی‌معنی است و هم‌چنین اثر نهایی این متغیرها بایستی با روش‌های دیگری محاسبه گردد، بنابراین از ذکر کشش و اثر نهایی این متغیرها خودداری شده‌است.

اعتبارسنجی داده‌ها

به‌منظور اعتبارسنجی داده‌ها از ۲۵۷ پرسشنامه، ۲۵ پرسشنامه (۱۰٪) جداسازی و اعتبارسنجی شدند.

برای انجام اعتبارسنجی، مقدار متغیرهای ۲۵ نمونه جداسازی شد و در تابع مطلوبیت به‌دست‌آمده از ساخت مدل برای هر وسیله اعم از مترو، اتوبوس، هم‌سفری، تاکسی، خودروی شخصی (پارک‌کردن) و خودروی-شخصی (پیاده‌شدن) قرار داده شد. سپس توسط رابطهٔ (۱) و قرار دادن مقدار تابع‌های مطلبویت محاسبه‌شده در آن، مقدار احتمال انتخاب هر وسیله به‌دست آمد، سپس بزرگ‌ترین احتمال محاسبه شده به‌معنای انتخاب مدل در نظر گرفته شد. درنهایت طبق جدول (۱۱) درصد اعتبارسنجی محاسبه شد.

جدول ۱۰ - اثر نهایی و کشش متغیرهای مدل لوجیت چندتایی انتخاب شیوهٔ دسترسی زمینی به فرودگاه امام‌خمینی

متغیر	اثر نهایی و کشش	زمان سفر (دقیقه)
شخصی (پارک‌کردن)	اثر نهایی	-۱/۲۸۲۴-
	کشش	۰/۳۹۰۶

جدول ۱۱ اعتبارسنجی داده‌های مدل لوجیت چندتایی انتخاب شیوهٔ دسترسی‌زمینی به فرودگاه امام‌خمینی

شیوهٔ دسترسی	درصد انتخاب نمونه	درصد انتخاب مدل	درصد تطبیق انتخاب نمونه با مدل
مترو	٪۲۴	٪۴	٪۰
اتوبوس	٪۲	٪۰	٪۰
هم‌سفری	٪۱۰	٪۴	٪۰
تاکسی	٪۳۶	٪۶۰	٪۳۲
خودروی شخصی (پارک‌کردن)	٪۱۴	٪۳۲	٪۲
خودروی شخصی (پیاده‌شدن)	٪۱۴	٪۰	٪۰
جمع کل			٪۳۴

بحث و تفسیر نتایج مدل پرداخت‌شده

۱. مدل پرداخت شده دارای ρ^2=۰/۱۶۲۵ و ρ_c^2= ۰/۱۵۲۲ می‌باشد.

۲. عدد ثابت در مدل نشان‌دهندهٔ میانگین اثر متغیرهایی است که در مدل دیده نشده‌اند.

۳. تفسیر مختصری از متغیرهای استفاده‌شده در مدل که دارای معنی‌داری بالای ۹۰٪ می‌با شند، در جدول زیر گزارش شده‌است.

جدول ۱۲ متغیرهای معنی‌دار در مدل لوجیت پرداخت‌شده

متغیر معنی‌دارشده	کمترین هم‌بستگی با	بیشترین هم‌بستگی با	شیوهٔ دسترسی	مقدار معنی‌داری	درجهٔ معنی‌داری	تفسیر
سفر هوایی داخلی	تجربهٔ استفاده از فرودگاه در گذشته ۰/۰۰۹	تعداد سفر بین‌المللی ۰/۱۸۶	هم‌سفری تاکسی	۳/۱۰۸ ۲/۵۱۲	٪۹۹ ٪۹۵	مسافرانی که طی۵ سال گذشته ۲۰ پرواز و بیشتر پرواز داخلی داشته‌اند، تمایل بیشتری به استفاده از هم‌سفری و تاکسی دارند
سفر هوایی بین‌المللی	مالکیت خودرو ۰/۰۰۷	جنسیت ۰/۱۹۶-	هم‌سفری	۲/۵۳۱-	٪۹۵	با افزایش پروازهای بین‌المللی مسافران در ۵ سال گذشته، تمایلشان به استفاده از هم‌سفری کاهش می‌یابد
اینرسی	جنسیت و گروه درآمد بیش از٤ میلیون تومان ۰/۰۰۱	تعداد سفر هوایی بین‌المللی ۰/۱۱٦	مترو اتوبوس هم‌سفری تاکسی	۳/۵۹٤ ۱/۹۱۱ ۳/۷۷۳ ۹/٦۰٤	٪۹۹ ٪۹۰ ٪۹۹ ٪۹۹	مسافرانی که در حال حاضر با حمل‌ونقل عمومی (تاکسی، ون و اتوبوس) به فرودگاه امام آمده‌اند، مجدداً تمایل بیشتری به استفاده از حمل‌ونقل عمومی شامل مترو، اتوبوس، هم‌سفری و تاکسی دارند
گروه سنی ۱٤–۲۵ سال	تحصیلات فوق دیپلم و لیسانس ۰/۰۰۹	وضعیت تأهل ۰/۵۱۲-	مترو	۳/۰۳۹-	٪۹۹	افراد با گروه سنی ۲۵–۱٤ سال، تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند
			تاکسی	۱/۷۲۳-	٪۹۰	افراد با گروه سنی ۲۵–۱٤ سال، تمایل کمتری به استفاده از تاکسی دارند
جنسیت	اینرسی ۰/۰۰۱	گروه سنی ۱٤–۲۵ سال ۰/۲۳۵	مترو	۱/۹۸۵-	٪۹۵	خانم‌ها تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند
وضعیت تأهل	زمان سفر ۰	گروه سنی ۱٤–۲۵ سال ۰/۵۱۲-	مترو	۱/۹٤۵-	٪۹۰	متأهل‌ها تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند
تعداد اعضای بالای ۱۸ سال خانوار	زمان سفر ۰/۰۰۱-	وضعیت تأهل ۰/۳۸۷-	تاکسی	۱/۹۲۵-	٪۹۰	با افزایش تعداد اعضای بالای ۱۸ سال خانوار مسافران، تمایل به استفاده از تاکسی کاهش می‌یابد
مالکیت خودرو	زمان سفر ۰/۰۰۲	وضعیت تأهل ۰/۲۳۹-	مترو	۱/۷۳۲-	٪۹۰	مسافرانی که در خانواده‌هایشان مالک بیش از ۲ خودرو می‌باشند، تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند
تحصیلات فوق‌دیپلم، لیسانس و حوزوی	تجربه استفاده از از فرودگاه در گذشته ۰/۰۰٤-	درآمد بالای ٤میلیون تومان ۰/۰۹۸-	شخصی پارک-)(کردن	۳/۳۱۲	٪۹۹	افراد با تحصیلات فوق دیپلم، لیسانس و حوزوی، تمایل بیشتری به استفاده از شخصی (پارک‌کردن) دارند

گروه درآمد کمتر از ۱/۵میلیون تومان	زمان سفر ۰/۰۰۲	گروه درآمد بالای ٤میلیون تومان -۰/۲۵۸	مترو	۱/۷۲۲	٪۹۰	مسافران با درآمد کمتر از ۱/۵ میلیون تومان تمایل بیشتری به استفاده از مترو دارند
			شخصی (پارک-کردن)	۱/۹۸۳	٪۹۵	مسافران با درآمد کمتر از ۱/۵ میلیون تومان تمایل بیشتری به استفاده از شخصی دارند
گروه درآمد بیشتر از ٤ میلیون تومان	مبدأ سفر ۰/۰۰۱	درآمد کمتر از ۱/۵میلیون تومان، -۰/۲۵۸	مترو	-۲/۰۸۳	٪۹۵	افراد با درآمد بیشتر از ٤ میلیون تومان، تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند
تجربهٔ استفاده از فرودگاه در گذشته	وضعیت تأهل ۰/۰۰۲	مبدأ سفر ۰/۲۲۷	هم‌سفری	۱/۷۱۱	٪۹۰	مسافرانی که در گذشته تجربهٔ استفاده از فرودگاه امام را داشته‌اند، تمایل بیشتری به هم‌سفری دارند
			تاکسی	۲/٤۲۲	٪۹۵	مسافرانی که در گذشته تجربهٔ استفاده از فرودگاه امام را داشته‌اند، تمایل بیشتری به تاکسی دارند
میزان بار همراه مسافران	زمان سفر -۰/۰۰۱	وضعیت تأهل ۰/۲	تاکسی	۳/۰۸۸	٪۹۹	مسافرانی که بیش از ۲ چمدان به‌همراه دارند، تمایل بیشتری به استفاده از تاکسی دارند
مبدأ سفر	وضعیت تأهل ۰/۰۰۲	مبدأ سفر ۰/۲۲۷	هم‌سفری	-۲/٤٥٦	٪۹۵	مسافران غیربومی (غیراستان تهرانی‌ها) تمایل کمتری به استفاده از هم‌سفری دارند
			تاکسی	-۱/۷۸۳	٪۹۰	مسافران غیربومی (غیراستان تهرانی‌ها) تمایل کمتری به استفاده از تاکسی دارند
زمان سفر	وضعیت تأهل ۰	تعداد سفر هوایی بین‌المللی ۰/۲٥	شخصی (پارک-کردن)	-۲/۰۳٦	٪۹۵	با افزایش زمان سفر با شخصی (پارک‌کردن) تمایل به استفاده از شخصی (پارک‌کردن) کاهش می‌یابد

نتایج نشان می‌دهد مسافرانی که در ۵ سال گذشته ۲۰ پرواز و بیشتر پرواز داخلی داشته‌اند، تمایل بیشتری به استفاده از تاکسی و هم‌سفری دارند و با افزایش پرواز بین‌المللی مسافران در ۵ سال گذشته (مسافران باتجربهٔ بین‌المللی)، تمایلشان به استفاده از هم‌سفری کاهش می‌یابد. یکی از مهم‌ترین نتایج این پژوهش معنی‌داری متغیر اینرسی می‌باشد که نشان می‌دهد مسافرانی که با حمل‌ونقل عمومی موجود به فرودگاه امام آمده‌اند، مجدداً تمایل به استفاده از حمل‌ونقل عمومی را در آینده دارند. معنی‌داری گروه سنی ۲۵-۱٤ سال نشان می‌دهد که این افراد تمایلی به استفاده از مترو و هم‌سفری ندارند (۱۳,۲٪ کل مسافران). معنی‌داری جنسیت و وضعیت تأهل مسافران نشان می‌دهد که خانم‌ها و متأهل‌ها (میانگین ٥٦,٤٪ کل مسافران) تمایل کمتری به استفاده از مترو دارند، این نتیجه نشان می‌دهد که این گروه از مسافران که به دنبال آسایش می‌باشند، به مترو اعتماد نکرده‌اند. مسافرانی که در خانواده‌هایشان تعداد اعضای بالای ۱۸ سال بیشتر می‌شود، تمایلشان به استفاده از تاکسی کاهش می‌یابد، این نتیجه می‌تواند به‌علت بالا رفتن احتمال مالکیت خودرو باشد. هم‌چنین همان‌طور که از مطالعات گذشتهٔ سوبینیک و همکاران در سال ۱۹۷۹، سانقو و همکاران در سال ۲۰۰۷، سورابی و همکاران در سال ۲۰۰۸، سعد الحسین در سال ۲۰۱۱، طاهرپور در سال ۲۰۱۲، تامبولاس در سال ۲۰۱۲ [8, 18, 23, 24, 26] انتظار می‌رفت دو فاکتور

درآمد و سرانهٔ مالکیت خودرو معنی‌دار هستند و نتایج نشان می‌دهد مسافرانی که در خانواده‌هایشان مالک بیش از ۲ خودرو (۱۲/۸٪کل مسافران)می‌باشند، تمایلشان به استفاده از مترو کاهش می‌یابد و مسافران با درآمد کمتر از ۱,۵ میلیون تومان (۱۰/۵٪ کل مسافران) تمایل بیشتری به انتخاب مترو و خودروی شخصی (پارک‌کردن) دارند. متغیر تحصیلات نشان داد که افراد با تحصیلات دانشگاهی (فوق‌دیپلم و لیسانس) تمایل بیشتری به استفاده از خودروی شخصی (پارک‌کردن) دارند (٤٦/۳٪ کل مسافران) دیگر متغیر معنی‌دار شدهٔ این پژوهش، تجربهٔ استفاده از فرودگاه در گذشته(۸۲/۹٪ کل مسافران) می‌باشد که نشان می‌دهد مسافرانی که با تجربه‌تر هستند، تمایل بیشتری به استفاده از تاکسی و هم‌سفری دارند. این نتیجه می‌تواند هم به‌علت تجربهٔ استفاده از تاکسی باشد و هم به‌علت تشابه هم‌سفری با تاکسی در هزینهٔ کمتر باشد. بار مسافران نیز همانند مطالعات گذشتهٔ سوبینیک و همکاران در سال ۱۹۷۹، هاروی و همکاران در سال ۱۹۸٦، سعد الحسین در سال ۲۰۱۱ [2, 18, 26] یکی از متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب مسافران می‌باشد. نتایج آنها نشان می‌دهد که با افزایش بار مسافران تمایل به استفاده از تاکسی و خودروی شخصی افزایش می‌یابد و نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد مسافرانی که بیش از ۲ چمدان به‌همراه خود دارند (۲۸/۸٪ کل مسافران)، تمایل بیشتری به استفاده از تاکسی دارند. این نتیجه به‌علت توشه بار مناسب تاکسی در مقایسه با سایر شیوه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. متغیر مبدأ سفر نشان می‌دهد که غیربومی‌ها (غیراستان تهرانی‌ها، ٤۷/۱٪ کل استان تهران) تمایل کمتری به استفاده از هم‌سفری و تاکسی دارند. علت اصلی این موضوع فاصلهٔ محل سکونت آنها تا تهران و درنتیجه افزایش کرایهٔ تاکسی می‌باشد. پس این گروه مسافران نیاز به پارکینگ مناسب برای خودروهای شخصیشان دارند. درنهایت معنی‌داری زمان سفر نشان می‌دهد که با افزایش زمان سفر خودروی شخصی (پارک‌کردن) تمایل به استفاده از این شیوهٔ سفر کاهش می‌یابد. در این مدل و هم‌چنین دیگر مدل‌های پرداخت‌شده در این مرحله اینرسی، تحصیلات و تعداد سفرهای داخلی پارامترهای تأثیرگذار در مدل بوده‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش نحوهٔ رفتار مسافران هوایی در انتخاب بین ٦ شیوهٔ حمل‌ونقل مترو، اتوبوس، هم‌سفری، تاکسی، خودروی شخصی (پارک‌کردن) و خودروی شخصی (پیاده‌شدن) برای دسترسی زمینی به فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی مورد بررسی قرار گرفته‌است. به این منظور مدل لوجیت چندجمله‌ای به‌کار گرفته شده‌است. ورودی این مدل را اطلاعات حاصل از ۳ روز پیمایش انجام‌شده در تابستان ۱۳۹۳، تشکیل می‌دهد. پیمایش‌های مذکور در قالب رجحان بیان‌شده به‌شکل مصاحبهٔ حضوری در فرودگاه امام‌خمینی انجام گرفته‌اند. تعداد پرسشنامه‌های جمع‌آوری‌شده ۲۵۷ عدد است و مقدار اعتبارسنجی داده‌ها ۳٤٪ می‌باشد. یکی از مهم‌ترین نتایج این پژوهش معنی‌داری متغیر اینرسی می‌باشد. معنی‌داری اینرسی نشان می‌دهد مسافرانی که با حمل‌ونقل عمومی موجود به فرودگاه امام آمده‌اند، مجدداً تمایل به استفاده از حمل‌ونقل عمومی را در آینده دارند. هم‌چنین همان‌طور که انتظار می‌رفت دو فاکتور درآمد و سرانهٔ مالکیت خودرو معنی‌دار بود و نتایجش نشان می‌دهد مسافرانی که در خانواده‌هایشان مالک بیش از ۲ خودرو (۱۲/۸٪ کل مسافران) می‌باشند، تمایلشان به استفاده از مترو کاهش می‌یابد و مسافران با درآمد کمتر از۱/۵ میلیون تومان (۱۰/۵٪ کل مسافران) تمایل بیشتری به انتخاب مترو و خودروی شخصی (پارک‌کردن) دارند. پس می‌توان نتیجه گرفت که باتوجه به پژوهش انجام‌شده و درنظرگیری این موضوع که درصد بسیاری از مسافران فرودگاه امام‌خمینی از درآمد (حدود ۹۰٪ مسافران درآمد بالای ۱/۵ میلیون تومان در ماه دارند) و مالکیت خودروی (حدود ۹۲٪ مسافران حداقل ۱ خودرو در خانواده‌شان دارند) بالایی برخوردارند و با درنظرگیری نتیجهٔ به‌دست‌آمده برای این

مسافران که تمایلی به استفاده از مترو ندارند، با افزایش زمان سفر و هزینه‌های حمل‌ونقل شخصی (مثل افزایش هزینهٔ پارکینگ) و در مقابل سرویس‌دهی بسیار بالاتر مترو (مثل فراهم کردن توشه بار، اعتمادپذیری و کاهش زمان سفر) می‌توان مسافران فرودگاه امام‌خمینی را متمایل به استفاده از مترو کرد.

به‌منظور مطالعات آتی موارد زیر برای تحقیقات پیشنهاد می‌شود:

۱. مطالعه برروی دســترســی زمینی کارمندان فرودگاه به فرودگاه.

۲. استفاده از مدل‌های پیشرفتهٔ دیگری مانند مدل‌های لوجیت مختلط (Mixed Multinomial Logit Model) و لوجیت آشیانه‌ای متقاطع (Cross Nested Logit).

۳. مطالعهٔ رفتار مسافران سالمند (٦۵ سال به بالا) به‌علت محدودیت‌هایی که در مقایسه با گروه‌های سنی دیگر دارند و شناسایی مشکلات و ارائهٔ راه‌حل درجهت بهبود مشکلات سالمندان.

و موارد زیر به‌صورت عملی برای اجرا پیشنهاد می‌شود:

باتوجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مسافران تمایل بسیاری به استفاده از وسایل حمل‌ونقل شخصی نشان داده‌اند، لذا پیشنهاد می‌گردد خط متروی فرودگاه با امکاناتی متفاوت با امکانات متروی شهر تهران (باتوجه به این‌که مسافران هوایی دارای خصوصیات متفاوتی می‌باشند) خدمت‌رسانی کند. پیشنهاد می‌گردد توشه‌های مخصوص چمدان در مجاورت هرپنج صندلی قرار داده شود تا مسافران باتوجه به دغدغهٔ بار، با خیال راحت از مترو استفاده نمایند. هم‌چنین وای‌فای رایگان در اختیار مسافران قرار داده شود که ضمن چک کردن ساعت پرواز خود، از وقت خود بهینه استفاده نمایند. پیشنهاد دیگر کاهش محسوس قیمت بلیت مترو می‌باشد به‌گونه‌ای که برای ۵ نفر مجموع هزینهٔ بلیتشان از نصف هزینهٔ سفر با خودروی شخصی و تاکسی نیز کمتر باشد تا مسافرانی که به‌صورت گروهی سفر می‌کنند نیز تشویق به استفاده از مترو شوند. هم‌چنین از ایستگاه متروی فرودگاه تا سالن انتظار، استفاده از وسایل ویژهٔ حمل بار مسافران به‌صورت خدمات ویژهٔ مترو صورت بپذیرد.

پی‌نوشت‌ها

1- coorpoling

2- multinomial logit model

3- stated preference

4- validation

5- Airport Express (AE)

6- elderly

7- Mixed Multinomial Logit Model

8- Cross Nested Logit

مراجع

۱. طاهرپور، ا.، «تحلیل و مدل‌ســازی انتخاب وســیلهٔ نقلیه در دســترســی زمینی به فرودگاه: مطالعهٔ موردی فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی و فرودگاه مهرآباد»، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران‌جنوب، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، (۱۳۹۱).

2. Budd, T., Ryley, T. and Ison, S., "Airport Ground Access and Private Car use: A Segmentation Analysis", *Journal of transport Geography*, 36, Pp. 106-115, (2014).

3. Chebli, H., Mahmassani, H. S., "Air Travelers' Stated Preferences towards New Airport Landside Access Mode Services", Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington DC, (2003).

4. Choo, S, Kim, I and You, S., "Exploring Characteristics of Airport Access Mode Choice in Korea. In 86th Annual Meeting of Transportation Research Board", Washington DC, USA. (No. 07-2582),

(2007).

5. Choo, S., You, S. and Lee, H., "Exploring Characteristics of Airport Access Mode Choice: A Case Study of Korea. Transportation Planning and Technology", 36(4), Pp. 335-351, (2013).
6. Donorfio, L. K. M., D'Ambrosio, L. A., Coughlin, J. F., Mohyde, M., "To Drive or Not to Drive, that Is Not the Question - the Meaning of Self-regulation Among Older Drivers", *Journal of Safety Research 40,* Pp. 221-226, (2009).
7. Gokasar, I. and Gunay, G., "Mode Choice Behavior Modeling of Ground Access to Airports: A Case Study in Istanbul", Turkey, *Journal of Air Transport Management,* 59, Pp. 1-7, (2017).
8. Gulsah Akar, A., "Ground Access to Airports, Case Study: Port Columbus International Airport", *Journal of Air Transport Management,* 275 West Woodruff Av., Columbus, OH 43210, Pp. 25-31, (2013).
9. Gupta, S., Vovsha, P., Donnelly, R., "Air Passenger Preferences for Choice of Airport and Ground Access Mode in the New York City Metropolitan Region", Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board 2042*, 3e11, (2008).
10. Harvey, Greig., "Study of Airport Access Mode Choice", *Journal of Transportation Engineering 112 (5),* Pp. 525-545, (1986).
11. Jou, R., Hensher, D., Hsu, T., "Airport Ground Access Mode Choice Behavior after the Introduction of a New Mode: A Case Study of Taoyuan International Airport in Taiwan", Transportation Research Part E 47, Pp. 371-381, (2011).
12. Koster, P., Kroes, E., Verhoef, E., "Travel Time Variability and Airport Accessibility", Tinbergen Institute Discussion Paper.Tinbergen Institute Amsterdam, 061/3, (2010).
13. Louviere, J. J., Hensher, D. A., Swait, J. D., "Stated Choice Methods. Analysis and Applications", Cambridge University Press, UK, (2000).
14. Mei-Ling Tam, William H. K. Lam, Hing-Po Lo., "The Impact of Travel Time Reliability and Perceived Service Quality on Airport Ground Access Mode Choice", *Journal of Choice Modelling,* Pp. 49-69, (2011).
15. Oort, O., "The Evaluation of Traveling Time", *Journal of Transport Economics and Policy 3,* Pp. 279-286, (1969).
16. Pels, E., Nijkamp, P., Rietveld, P., "Access to and Competition between Airports: A Case Study for the San Fransisco Bay Area", Regional Studies 35 (1), Pp. 1–9, (2003).
17. Psaraki, V., Abacoumkin, A., "Access Mode Choice for Relocated Airports: The New Athens International Airport", *Journal of Air Transport Management 8 (2),* Pp. 89–98, (2002).
18. Saad N. Alhussein., "Analysis of Ground Access Modes Choice King Khaled International Airport, Riyadh, Saudi Arabia", *Journal of Transport Geography,* No 19, Pp. 1361-1367, (2001).

19. Sangho, C., Ikki, K., SoYoung, Y., "Exploring Characteristics of Airport Access Mode Choice in Korea" ,Transportation Research Board 86th Annual Meeting. Paper #07-2582. Transportation Research Board. Washington, DC, USA, (2007).
20. Sobieniak, J., Westin, R., Rosapep, T., and Shin, T., "Choice of Access Mode to Intercity Terminal", Transportation Research Record, 728, Pp. 47-53, (1979).
21. Steer Davies and Gleave Ltd., "Some Stated Preference Case Studies", *Journal of Transport Economics and Policy 22*, PP. 80-84, (1988).
22. Surabhi Gupta, Peter Vovsha, Robert Donnelly., "Air Passenger Preferences for Airport and Ground Access Modein the New York Region", TRB 2008 Annual Meeting, (2007).
23. Tam, M., Lam, W., Lo, H., "Modeling Air Passenger Travel Behavior on Airport Ground Access Mode Choices", Transportmetrica 4 (2), Pp.135-153, (2008).
24. Tam, ML, Lam, WH and Lo, HP, "The Impact of Travel Time Reliability and Perceived Service Quality on Airport Ground Access Mode Choice", journal of Choice Modelling, 4(2), Pp. 49-69, (2011).
25. Train, K.E., "Discrete Choice Methods With Simulation", Cambridge University Press, UK., (2003).
26. Tsamboulas, D., Evamorfopoulos, A. P., Moraiti, P., "Modeling Airport Employee Commuting Mode Choice" , *Journal of Air Transport Management,* No 18, Pp. 74-77, (2012).
27. Yu-Chun, Chang., "Factors Affecting Airport Access Mode Choice for Elderly Air Passengers", Transportation Research Part E 57, No. 2, Pei-Ning Rd., Keelung 202-24, Pp. 105-112, (2013).
28. Yazici, M. A., Kamga, C. and Singhal, A., "Modeling Taxi Drivers' Decisions for Improving Airport Ground Access: John F. Kennedy Airport Case. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 91, Pp. 48-60, (2016).